

# 〔液晶プロジェクター用ホログラム素子〕

## 〔Holographic Optical Elements for Liquid Crystal Projectors〕

大日本印刷(株) 中央研究所  
Dai Nippon Printing Co., Ltd., Central Research Institute

堀田 豪  
Tsuyoshi HOTTA

Holographic Optical Elements with wavelength-separating and focusing capabilities have been developed. By producing two peak holograms with one peak in the red region and the other in the blue region, the light efficiencies of the two peak holograms have been improved compared with those of single peak holograms.

### 1 はじめに

任意の波面変換ができる平面型の素子としてホログラム素子(HOE)が注目されている。当社ではレリーフ型HOEの開発についてすでに報告している。ここでは、体積型HOEを、液晶ディスプレイに応用した例について報告する。

液晶ディスプレイの応用例として液晶プロジェクターやリアプロジェクションテレビが実用化されている。液晶方式はCRT方式と比べて軽量、薄型の長所がある一方で、偏光板やカラーフィルタの吸収等により、光の利用効率が1割以下となり明室では見えにくい問題がある。

我々は色分離機能と集光機能を有する透過型のホログラムカラーフィルタ(HCF)を開発し、液晶ディスプレイの光利用効率の向上を検討している<sup>(1)</sup>。この他の光利用効率向上の方法としては、吸収型のカラーフィルタを用いずに3枚の液晶パネルを利用する方法や、3枚のダイクロイックミラーと1枚のマイクロレンズアレイを利用する方法<sup>(2)</sup>等が報告されている。

ここでは、HCFの色分離機能と集光機能の原理と、回折ピークを可視光の青領域と赤領域にそれぞれ設けて(以下、ツーピークホログラムと呼ぶ)光利用効率を向上した結果を報告する。

### 2 原理

色分離機能と集光機能を有する単ピークのHCFを液晶プロジェクターに使用し、光利用効率が向上することを報告した<sup>(1)</sup>。照明系、HCF、LCD

BEST AVAILABLE COPY

パネル、投影レンズ、スクリーンを示す光学系を図1に、HCFの色分離と集光の概念図を図2に示す。液晶パネルの画素のRGB一組に対応するホログラムを設計し、パネルの配列に合わせてアレイ化したHCFを作製した。このHCFに平行度の高い白色照明光を設計角度で入射すると、白色光が波長毎に異なる角度で回折し、虹色に分離する。また、干渉縞のピッチを分散方向に異ならせ、かつ、鉛直方向に湾曲して設計することで液晶パネル面に集光することができる。照明光のスペクトル、平行度、液晶パネルの画素形状、液晶の対向基板ガラス厚等に合わせてHCFを設計し、作製した。画素形状等によるが、吸収型のカラーフィルタを用いた液晶表示装置と比べて光の利用効率が、2倍から3倍向上した。ただし、緑領域に回折ピークを有するため吸収型のカラーフィルタを用いる場合に比べて投影像の白色は緑味を帯びた。通常使用されるメタルハライドランプは緑に強い輝線を有するため、投影像の緑の光量を減少させてホワイトバランスを調整する。すなわち青、緑、赤領域の中の向上度合が低い領域に合わせて調整することになる。そこで、この問題を解決するために、緑領域の回折効率は減少するが、青領域と赤領域の回折効率を増加するツーピークホログラムを検討した。

### 3 HCFの作製手順

以下の手順で、実験した。

1. 光学設計 光線追跡プログラムによる干渉縞の設計
2. 計算機生成ホログラム (CGH) の作製
3. ホログラム記録材料への複製

照明系のスペクトル、角度分布、液晶パネルの画素形状、焦点距離を入力することで投影像の色度と明るさを予想できる光線追跡プログラムを作成した。このプログラムを用いてパラメータを変えて計算し、適切な干渉縞パターンを設計した。次いでフォトリソグラフィ工程を経て、所望の干渉縞パターンを有するレリーフ型のCGHを作製し、原版とした。レーザー露光により原版の情報をホログラム記録材料に複製し、最終製品であるHCFとした。

### 4 ツーピークホログラム

ホログラムの回折波長が単ピークで、かつ、緑領域にあると投影像の白色が緑味を帯びる。そのため、青領域と赤領域にそれぞれ回折ピークを有するツーピークホログラムを検討した。ツーピークホログラムの挙動を解析するために、モデルとして体積型の回折格子を用いて、光線追跡と実験をした。以下は体積型回折格子の結果である。

回折ピークを2個にするには、2種の独立した干渉縞が必要である。それら

の実現方法としては、2枚の回折格子の重ねあわせか、1枚の記録材料に2重記録する方法が考えられる。我々は2枚の回折格子の重ねあわせを検討した。

ツーピークホログラムの挙動は、2枚の回折格子の重ねあわせで、かつ、照明光が完全平行光の場合、以下のように解析できる。2枚の回折格子の回折効率をそれぞれ $\eta_1$ 、 $\eta_2$ とすると、全体の回折効率 $\eta$ は以下の式で表される。説明図を図3に示す。

$$\eta = \eta_2 (1 - \eta_1) + \eta_1 (1 - \eta_2) = \eta_1 + \eta_2 - 2\eta_1\eta_2$$

この式から、2枚の回折効率 $\eta_1$ と $\eta_2$ が等しい場合、2枚合わせた回折効率 $\eta$ は最大0.5になることが分かる。可視光全域の回折効率の計算結果を図4に示す。 $\eta_1$ と $\eta_2$ をKogelnikの式から求め、ツーピークの回折効率 $\eta$ を上記の式を用いて計算した。比較のために緑領域で単ピークの場合も図示した。2枚の回折効率が近い場合は2枚合わせた回折効率が減少するため、1枚目と2枚目の回折波長域をできるだけ異ならせる必要がある。また、2枚の回折効率が等しくなる波長は、ホワイトバランスをとるために減少させる緑領域に設定すると良い。図4で示されるように、400から500nmの青領域と600から700nmの赤領域で、ツーピークホログラムの回折効率はかなり増加することが分かった。

一方、光源が完全な平行光でない場合、この式は成り立たなくなる。主光線からの角度分布で定義される平行度が大きくなるに従い、緑領域の回折効率が上がり、青領域と赤領域の回折効率が下がる傾向にある。これは、光の入射角度の変化により、ピーク波長も変化するためと考えられる。平行度を変えて光線追跡した結果を図5に示す。このように照明光の角度特性によりホログラムの回折効率が変わるため、照明光の角度分布や波長分布を考慮した光線追跡が有効である。2枚のホログラムそれぞれで回折される光線を考慮し、最終的な輝度と色度を予想できる光線追跡プログラムを作成した。これにより、照明系の角度、波長特性を考慮したホログラム設計が可能になった。

作製したツーピークホログラムの回折効率の波長分布を分光機で測定した結果を図6に示す。図のように、平行度が0度の場合の光線追跡結果と類似の形状を有する特性が得られた。緑領域の回折効率ボトムが実測で約50%であることから、上述した式と光学設計の有効性が確認された。ツーピークホログラムは単ピークと比較して、青領域で約1.5倍、赤領域で約1.3倍の光利用効率になった。投影像の評価については今後検討する。

## 5 参考文献

- (1)N.Ichikawa, Asia Display '95, p.727-729(1995)
- (2)NIKKEI ELECTRONICS, 1995.1.30 (No.627), p.169-173

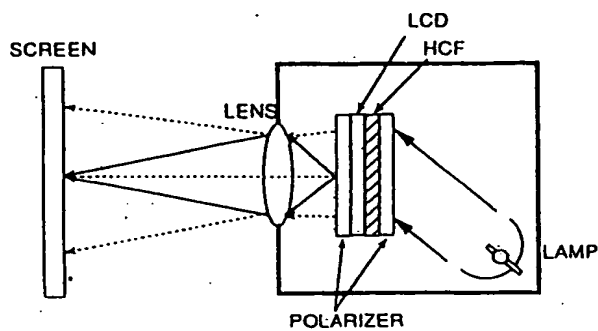


図1 液晶プロジェクターの光学系

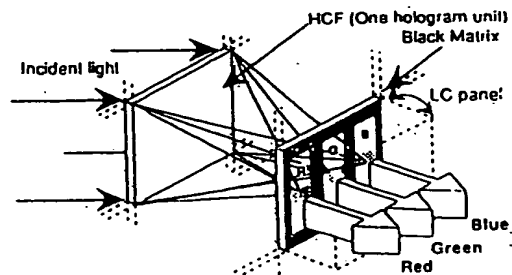


図2 色分離と集光の概念図

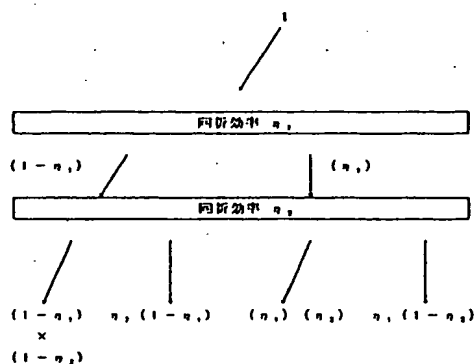


図3 ツーピークホログラムの回折効率

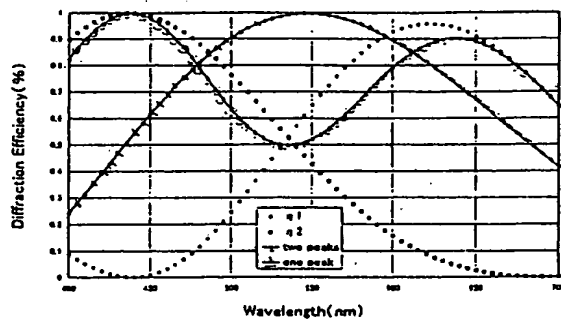


図4 回折効率の計算値

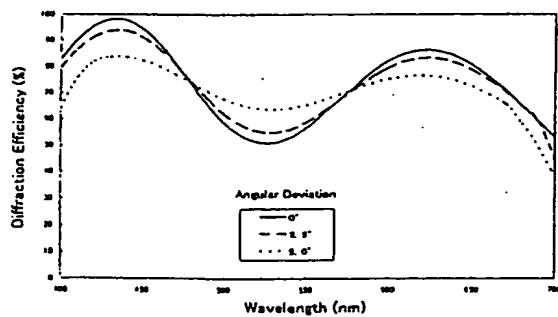


図5 照明光の平行度依存性

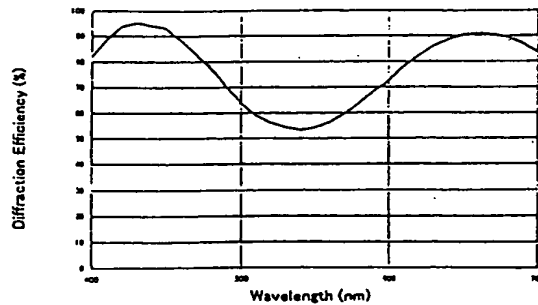


図6 回折効率の実測値